物质由原子构成

J. J.汤姆孙研究阴极射

线的本质，发现电子

α 粒子散射实验

经典理论与氢原子光

谱的矛盾

经典理论与原子结构

稳定性的矛盾

原子的核式结构模型

玻尔的原子模型

原子的“枣糕模型”

探究、推理

探究、推理

推理

建模

建模

建模

小

结

基本概念和基本规律

**电子**：组成原子的基本粒子，电荷量大小为 1.60×10−19 C，质量为 9.11×10−31 kg。

**原子的“枣糕模型”**：原子被看成球体，正电荷均匀分布其中，电子则像枣糕里的枣子一样镶嵌在球内。

**原子的核式结构模型**：原子的全部正电荷和几乎全部的质量集中于原子核内，电子在核外空间绕核旋转。

**能级**：原子各个定态的能量。

基本方法

通过原子的“枣糕模型”、原子的核式结构模型、玻尔原子模型建立过程的学习，感受模型建构的方法。

通过电子的发现、α 粒子散射实验、玻尔理论对原子稳定性和光谱解释的学习，感受利用证据通过科学推理进行科学论证的方法。

知识结构图

**复习 巩固**

**与**

1. 简述玻尔理论对氢原子光谱的解释。
2. 以表格形式列举“枣糕模型”、原子核式结构模型和玻尔原子模型的特点以及相关的证据。
3. 已知阴极射线管电极间的电压为 3 000 V，假设电子离开阴极表面时的初动能为 0，求电子到达阳极时的动能。
4. 如图 13 – 16（a）所示为 α 粒子散射实验模拟装置图，图（b）为“原子核模型仪”的正视图，图（c）为“原子核模型仪”的俯视图。为了使小钢球能平滑地从滑槽滚到原子核模型仪上，滑槽下端弧形应接近水平状态。调节滑槽相对“原子核模型仪”的方位，释放钢球，可以观察到钢球出射方向的差异。

（1）简述装置中用来模拟 α 粒子和原子核半径的部分以及从该模拟实验中可以观察到的现象。

（2）能否将“原子核模型仪”改成圆柱状？简述你的理由。

原子核模型仪

图 13 – 16

发射台

小钢球

滑槽

(a)

(b)

(c)

调节入射

方向螺钉

1. 已知氢原子从 *n* = 4 的激发态直接跃迁到 *n* = 2 的能级时发出蓝光。推测氢原子从 *n* = 5 的激发态直接跃迁到 *n* = 2 的能级时所发出的可见光的颜色，并简述理由。
2. 已知一定量氢原子处在量子数 *n* = 3 的激发态，分析说明它们发光光谱含有几种谱线。
3. \*弗兰克 – 赫兹实验以独立于光谱实验的形式证实了原子的量子化能级。某同学查阅了弗兰克 – 赫兹实验的资料，内容如下：

弗兰克 – 赫兹实验原理如图 13 – 17（a）所示，玻璃管内充有汞蒸气（大量处于基态的汞原子，其能级分布与氢原子能级分布类似。通过与电子的非弹性碰撞，汞原子可以吸收电子的能量），加热阴极 *K* 附近的钨丝使其发射电子，在阴极 *K* 与栅极 *G*2 之间的加速电压 *U*G2K 作用下电子向栅极 *G*2 加速移动同时获得动能

*E*k = *eU*G2K；因为栅极 *G*2 与阴极 *P* 之间反向电压的作用，通过栅极 *G*2 的电子必须拥有足够的动能才能够到达阴极 *P* 并产生电流 *I*P。

加速电压 *U*G2K 从零开始逐渐增大，当 *U*G2K < 4.9 V 时，随着电子动能 *E*k 的增加，到达阴极 *P* 的电子增多，电流 *I*P 单调递增。当 *U*G2K = 4.9 V、电子动能 *E*k = 4.9 eV 时，电流 *I*P 骤降。继续增加电压 *U*G2K，*I*P 又开始平稳地增加，直到 *U*G2K = 9.8 V、*E*k = 2×4.9 eV 时，又观察到 *I*P 骤降。总之，每当电子动能达到 4.9 eV 的整数倍时，都能观察到 *I*P 的骤降。*I*P - *U*G2K 关系情况如图 13 – 17（b）所示。

分析判断当电子动能达到 4.9 eV 的整数倍时，电子的动能是被一个处于基态的汞原子完全吸收，还是多个汞原子分享但每个原子只吸收 4.9 eV。简述理由。

(a) 基本原理图

A

*I*P

*U*G2K

*O*

*I*P

*P*

*G*2

*G*1

*K*

*U*F

*U*G1K

*U*G2K

*U*G2P

图 13 – 17

(b) *I*P – *U*G2K 曲线

### 复习与巩固解读

1．参考解答：玻尔尔理论认为原子只能处于一系列不连续的称为定态的能量状态中。对应量子数为 *n* 的定态，氢原子的能量 *En* = ，式中 *E*1= − 13.6 eV 为氢原子处于基态时的能量。当原子从量子数为 *n* 的轨道跃迁到量子数为 *m* 的轨道时，发射或吸收一定频率的电磁波，其能量为 *hν* = | *E*n – *E*m |。由此可以解释氢原子光谱。例如巴尔末系中的谱线是氢原子由 *n* > 2 的高能级向低能级跃迁时向外辐射电磁波所形成的。理论和实验很好地吻合，并且成功预言了氢原子光谱在紫外区和红外区会有新的谱线。

命题意图：理解玻尔理论。

主要素养与水平：模型建构（Ⅰ）；解释（Ⅰ）。

2．参考解答：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 模型 | “枣糕模型” | 原子核式结构模型 | 玻尔原子模型 |
| 特点 | 原子内部正电荷和质量均匀分布，电子镶嵌其中 | 原子内部全部正电荷和几乎所有质量集中分布在很小的原子核内，电子在核外绕核运动 | 原子只能处在一系列不连续的稳定的定态中，在不同的定态间跃迁时发射或吸收相应频率的电磁波 |
| 证据 | 发现电子，原子稳定 | α 粒子散射实验中少数 α 粒子发生大角度散射，个别甚至被弹回 | 原子的明线光谱和吸收光谱、氢原子光谱 |

命题意图：对比原子结构模型，深化理解。

主要素养：模型建构（Ⅰ）；证据（Ⅰ）。

3．参考解答：电子的动能 *E*k = *qU* = 3 000 eV ≈ 4.81×10−16 J。

命题意图：简单情境下计算微观粒子能量。

主要素养与水平：模型建构（I）；能量观念（I）。

4．参考解答：（1）该装置用钢球模拟 α 粒子，用“原子核模型仪”模拟原子核。可以观察到钢球（α 粒子）运动过程中受到“原子核模型仪”（原子核）影响发生偏转，越靠近“原子核模型仪”轴心偏转的角度越大，甚至可能被弹回。

（2）不能。此类反漏斗状的“原子核模型仪”对钢球的作用较好地模拟了原子核对 α 粒子的库仑斥力，可较好地符合大多数散射角很小、少数散射角较大、极少数散射角超过 90°、个别被弹回的规律。若改为圆柱状虽然仍能得到散射现象，但具体作用规律变化，不碰到圆柱状的钢球就完全不散射，碰到的则较多发生大角度散射，小角度散射与大角度散射的比例也相应变化。

命题意图：类比宏观物体，定性半定量分析散射问题，深入理解原子核式结构模型。

主要素养与水平：模型建构（Ⅱ）；解释（Ⅱ）。

5．参考解答：蓝色或紫色。根据玻尔理论，氢原子的能量 *En* = ，式中 *n* 称为量子数。可知从 *n* = 5 到 *n* = 2 的能级差更大、波长更短。已知为可见光，故可能为蓝色或紫色。

命题意图：应用玻尔理论定量分析原子能级跃迁辐射。

主要素养与水平：模型建构（Ⅱ）；科学推理（Ⅱ）。

6．参考解答：3 种。发射电磁波对应原子状态向量子数更小的状态跃迁，即从 *n* = 3到 *n* = 2 或 1，再考虑跃迁到 *n* = 2 的激发态后还可以向 *n* = 1 的基态跃迁，同时注意到达三种跃迁的能级差不同，对应电磁波频率不同，故共 3 种。

命题意图：应用玻尔理论定性分析原子能级跃迁辐射。

主要素养与水平：模型建构（Ⅱ）；科学推理（Ⅱ）。

7．参考解答：由题述条件可知，随着从零开始逐渐增大加速电压 *U*G2K，电子动能 *E*k 从零开始逐渐增大，电流 *I*P 单调递增，意味着抵达阳极的电子增多。但是当 *U*G2K = 4.9 V、电子动能 *E*k = 4.9 eV 时，电流 *I*P 骤降，意味着抵达阳极的电子突然减少；继续增加电压 *U*G2K，增加电子动能 *E*k，电流又开始平稳地增加，抵达阳极的电子又平稳地增多；直到 *U*G2K = 9.8 V、*E*k = 2×4.9 eV时，又观察到 *I*P 骤降，抵达阳极的电子又突然减少……抵达阳极的电子突然减少是由于大量处于基态的汞原子组成的汞蒸气吸收了电子的动能，而由以上现象可知其吸收的能量总是 4.9 eV 或 4.9 eV 的整数倍。汞原子能吸收 4.9 eV 的能量，再同时考虑到汞原子的能级分布与氢原子类似，即 *En* = ，相似的非均匀能级分布，也就意味着每个处于基恋的汞原子只能吸收一份 4.9 eV 的能量。

综上所述，可以判定当电子动能达到 4.9 eV 的整数倍时，电子的能量被多个汞原子吸收，而每个汞原子吸收的能量为 4.9 eV。

命题意图：结合实验数据应用玻尔理论定性半定量分析问题。

主要素养与水平：证据（Ⅱ）；科学推理（Ⅱ）。